

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

Jc872 U.S. PTO  
10/091711  
03/05/02

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年10月16日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-318584

出 願 人

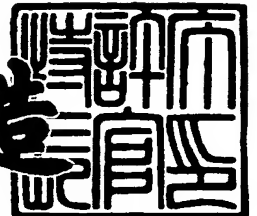
Applicant(s):

光洋精工株式会社

2001年12月28日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3111906

【書類名】 特許願

【整理番号】 103213

【提出日】 平成13年10月16日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 B62D 5/04  
B62D 6/00

【発明の名称】 電動パワーステアリング装置

【請求項の数】 5

【発明者】

    【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区南船場三丁目5番8号 光洋精工株式会社内

    【氏名】 森 貞明

【発明者】

    【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区南船場三丁目5番8号 光洋精工株式会社内

    【氏名】 稲山 博英

【発明者】

    【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区南船場三丁目5番8号 光洋精工株式会社内

    【氏名】 城ノ口 秀樹

【発明者】

    【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区南船場三丁目5番8号 光洋精工株式会社内

    【氏名】 石原 敦

【特許出願人】

    【識別番号】 000001247

    【氏名又は名称】 光洋精工株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100078868

【弁理士】

【氏名又は名称】 河野 登夫

【電話番号】 06(6944)4141

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2001- 69117

【出願日】 平成13年 3月12日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 001889

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9810581

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電動パワーステアリング装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 舵輪に加わる操舵トルクを検出するトルクセンサと、操舵補助用のモータとを備え、前記トルクセンサが検出した操舵トルクに基づき、前記モータを回転駆動する電動パワーステアリング装置において、

前記モータは、ロータコアに設けられた複数の空所に、永久磁石がそれぞれ埋め込まれた永久磁石埋込型ロータを備えるブラシレスモータであり、

該ブラシレスモータの回転速度が所定範囲に達した場合、弱め界磁制御により前記ブラシレスモータを回転駆動すべくなしてあることを特徴とする電動パワーステアリング装置。

【請求項 2】 前記ロータコアは、多数の電磁薄鋼板が回転軸の軸長方向に積層されて形成され、前記空所が前記永久磁石の形状に合わせて形成されている請求項 1 記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項 3】 前記ブラシレスモータは、PWM制御されたパルス信号で制御されるモータ電流を位相制御することによって弱め界磁制御されるように構成され、

前記所定範囲は、前記パルス信号に対応する交流信号の実効値が、該実効値の最大値の 90%～100%の範囲内で、しかも位相制御が行われていない場合の回転速度範囲であることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項 4】 前記実効値の前記最大値に対する比を検出する手段と、  
検出した比が 90%～100%の範囲内であるか否か判定する手段と、  
位相制御の実行または停止を切替える手段と  
を備え、前記検出した比が 90%～100%の範囲内であった場合、前記パルス信号を位相制御して前記モータ電流を位相制御すべくなしてあることを特徴とする請求項 3 記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項 5】 前記操舵トルクと前記モータ電流の目標値との対応関係が設定されたテーブルと、

検出した操舵トルクと予め設定された閾値との差を求める手段と

を備え、前記検出した比が90%未満の場合は、前記テーブルから求めた目標値に基づいて前記パルス信号をPWM制御し、前記検出した比が90%～100%の範囲内の場合は、前記差を求めて該差が無くなるように前記パルス信号を位相制御すべくなしてあることを特徴とする請求項4記載の電動パワーステアリング装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、舵輪に加わる操舵トルクを検出するトルクセンサと、操舵補助用のモータとを備え、トルクセンサが検出した操舵トルクに基づき、操舵補助用のモータを回転駆動する電動パワーステアリング装置の改良に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

車両に装備される電動パワーステアリング装置は、車両の操舵力をモータにより補助するものであり、これは、舵輪が操舵軸を介して連結された舵取機構に、舵輪に加えられた操舵トルクを検出するトルクセンサと、舵取機構の動作を補助するモータとを設け、トルクセンサが検出した操舵トルクに応じてモータを駆動させることにより舵輪への操作力を軽減するように構成してある。

【0003】

電動パワーステアリング装置が備える操舵補助用のモータには、近年、ブラシレスモータを使用することが多くなっている。ブラシレスモータは、ロータに永久磁石を備え、ステータに回転磁界を発生させる波形形成回路を、ロータの回転位置の検出信号に基づいて制御することにより、ロータを回転させるモータであり、ブラシが無いので機械的及び電氣的なノイズが発生しない。主な用途は、VTRのシリンダ、カセットデッキのキャプスタン、フレキシブルディスク駆動装置及びCDプレーヤ等であり、高い回転性能及び長寿命が要求されるモータとして多用されている。

【0004】

図 1 0 は、従来の電動パワーステアリング装置に使用される S P M (Surface Permanent Magnet) モータであるブラシレスモータのロータの構成を示す横断面図である。このロータは、中央部にシャフト 4 が挿入され、多数の電磁薄鋼板が積層されて形成されているロータコア 3 の外周部に沿うように、また、隣り合う極性が異なるように、4 個の永久磁石 1, 2, 1, 2 が貼り付けられている。4 個の永久磁石 1, 2, 1, 2 の軸長方向のそれぞれの長さは、ロータコア 3 の積層方向の長さに略等しい。

永久磁石 1, 2 が欠けたり割れたりした場合及び剥がれたりした場合に飛散すると、モータがロックする虞があり、飛散防止の為に、非磁性体である薄いステンレス鋼板製の円筒 5 (キャン) が、ロータコア 3 外周部の永久磁石 1, 2 を覆っている。

【 0 0 0 5 】

【発明が解決しようとする課題】

S P M モータであるブラシレスモータのモータトルクの出力特性は、図 1 1 に示すように、高速回転領域で急激に出力 (=トルク×回転数) が低下する。その為、上述したように、電動パワーステアリング装置の操舵補助用モータに、S P M モータであるブラシレスモータを使用した場合、高速転舵時に操舵補助力を得ることが出来ず、舵輪が重くなるという問題がある。

本発明は、上述したような事情に鑑みてなされたものであり、高速転舵時に操舵補助力を得ることが出来る電動パワーステアリング装置を提供することを目的とする。

【 0 0 0 6 】

【課題を解決するための手段】

第 1 発明に係る電動パワーステアリング装置は、舵輪に加わる操舵トルクを検出するトルクセンサと、操舵補助用のモータとを備え、前記トルクセンサが検出した操舵トルクに基づき、前記モータを回転駆動する電動パワーステアリング装置において、前記モータは、ロータコアに設けられた複数の空所に、永久磁石がそれぞれ埋め込まれた永久磁石埋込型ロータを備えるブラシレスモータであり、該ブラシレスモータの回転速度が所定範囲に達した場合、弱め界磁制御により前

記ブラシレスモータを回転駆動すべくなくしてあることを特徴とする。

【 0 0 0 7 】

この電動パワーステアリング装置では、操舵補助用のモータを備え、トルクセンサが検出した操舵トルクに基づき、モータを回転駆動する。モータは、ロータコアに設けられた複数の空所に、複数の永久磁石がそれぞれ埋め込まれた永久磁石埋込型ロータを備えるブラシレスモータ（I P M（Interior Permanent Magnet）モータ）とすることで、従来のS P Mモータでは出来ない弱め界磁制御が可能となる。弱め界磁制御により、モータの回転速度範囲が拡大し、高速回転領域においても操舵補助力を得ることが出来る。

【 0 0 0 8 】

また、保護材（キャン）を用いなくとも、永久磁石が飛散する虞がなく、高い信頼性を得ることが出来る。

また、ロータの磁気的な突極性により発生するリラクタンストルクの利用が可能となり、永久磁石の使用量を削減出来るので、部品コストの低減を図ることが出来る。

【 0 0 0 9 】

第2発明に係る電動パワーステアリング装置は、第1発明において、前記ロータコアは、多数の電磁薄鋼板が回転軸の軸長方向に積層されて形成され、前記空所が前記永久磁石の形状に合わせて形成されていることを特徴とする。

【 0 0 1 0 】

この電動パワーステアリング装置では、モータのロータコアは、多数の電磁薄鋼板が回転軸の軸長方向に積層されて形成され、空所が永久磁石の形状に合わせて形成されているので、保護材（キャン）を用いなくとも、永久磁石が飛散する虞がなく、高い信頼性を得ることが出来る。

また、ロータの磁気的な突極性により発生するリラクタンストルクの利用が可能となり、永久磁石の使用量を削減出来るので、部品コストの低減を図ることが出来る。

【 0 0 1 1 】

第3発明に係る電動パワーステアリング装置は、第1または第2発明において

、前記ブラシレスモータは、PWM制御されたパルス信号で制御されるモータ電流を位相制御することによって弱め界磁制御されるように構成され、前記所定範囲は、前記パルス信号に対応する交流信号の実効値が、該実効値の最大値の90%～100%の範囲内で、しかも位相制御が行われていない場合の回転速度範囲であることを特徴とする。

## 【0012】

この電動パワーステアリング装置では、PWM (Pulse Width Modulation) 制御されるパルス信号に対応する交流信号の実効値が、該実行値の最大値の90%～100%の範囲内になり、モータの回転速度が最高速度に近づいた高速回転領域において、弱め界磁制御を行うことにより、モータの回転速度範囲を拡大し、前記最高速度よりも高速な回転速度領域においても操舵補助力を得ることが出来る。

## 【0013】

第4発明に係る電動パワーステアリング装置は、第3発明において、前記実効値の前記最大値に対する比を検出する手段と、検出した比が90%～100%の範囲内であるか否か判定する手段と、位相制御の実行または停止を切替える手段とを備え、前記検出した比が90%～100%の範囲内であった場合、前記パルス信号を位相制御して前記モータ電流を位相制御すべくなしてあることを特徴とする。

## 【0014】

この電動パワーステアリング装置では、前記実効値の前記最大値に対する比を検出する手段により検出した比に対し、90%～100%の範囲内であるか否か判定する手段で判定を行い、判定結果に応じて、位相制御の実行／停止を切替える手段により弱め界磁制御を実行する。前記比が90%～100%の範囲内となり、モータの回転速度が最高速度に近づいた高速回転領域において、位相制御（弱め界磁制御）を行うことにより、モータの回転速度範囲を拡大し、前記最高速度よりも高速な回転速度領域においても操舵補助力を得ることが出来るようになる。

## 【0015】



第5発明に係る電動パワーステアリング装置は、第4発明において、前記操舵トルクと前記モータ電流の目標値との対応関係が設定されたテーブルと、検出した操舵トルクと予め設定された閾値との差を求める手段とを備え、前記検出した比が90%未満の場合は、前記テーブルから求めた目標値に基づいて前記パルス信号をPWM制御し、前記検出した比が90%～100%の範囲内の場合は、前記差を求めて該差が無くなるように前記パルス信号を位相制御すべくしてあることを特徴とする。

## 【0016】

この電動パワーステアリング装置では、前記検出した比が90%未満の場合は、前記テーブルからモータ電流の目標値を求め、求めた目標値に基づいてパルス信号のPWM制御を行う。また、前記検出した比が90%～100%の範囲内の場合は、検出された操舵トルクと予め設定された閾値との差を求めて、求めた差が無くなるようにパルス信号の位相制御を行う。位相制御（弱め界磁制御）によってモータの回転速度範囲を拡大し、操舵トルクと予め設定された閾値との差を減少させることができる。操舵速度がモータ応答速度を超えた場合に生じる操舵トルクと予め設定された閾値との差を減少させて、操舵応答性を向上させることが出来る。

## 【0017】

## 【発明の実施の形態】

以下に、本発明を、その実施の形態を示す図面を参照しながら説明する。

図1は、本発明に係る電動パワーステアリング装置の実施の形態の要部構成を示すブロック図である。この電動パワーステアリング装置は、操舵軸（図示せず）に加えられたトルクを検出するトルクセンサ10が検出し出力したトルク検出信号が、インタフェース回路11を介してマイクロコンピュータ12へ与えられ、車速を検出する車速センサ20が検出し出力した車速信号が、インタフェース回路21を介してマイクロコンピュータ12へ与えられる。

## 【0018】

マイクロコンピュータ12から出力されるリレー制御信号がリレー駆動回路15へ入力され、リレー駆動回路15はリレー制御信号に従ってフェイルセーフリ

レー接点 1 5 a をオン又はオフさせる。

マイクロコンピュータ 1 2 は、トルク検出信号、車速信号及び後述するモータ電流信号に基づき、メモリ 1 8 内のトルク／電流（目標モータ電流）テーブル 1 8 a を参照することにより、モータ電流指令値（PWM 指令値）及び回転方向指令値を作成し、作成した PWM 指令値及び回転方向指令値はモータ駆動回路 1 3 へ与えられる。モータ駆動回路 1 3 は、フェイルセーフリレー接点 1 5 a を通じて、車載バッテリー P の電源電圧が印加され、与えられた PWM 指令値及び回転方向指令値に基づき、操舵補助用のモータであるブラシレスモータ 2 4 を回転駆動させる。

#### 【 0 0 1 9 】

ブラシレスモータ 2 4 が回転する際、ロータ位置検出器 1 4 がそのロータ位置を検出し、モータ駆動回路 1 3 は、この検出したロータ位置信号に基づき、ブラシレスモータ 2 4 を回転制御する。

ブラシレスモータ 2 4 に流れるモータ電流は、モータ電流検出回路 1 7 により検出され、モータ電流信号としてマイクロコンピュータ 1 2 に与えられる。

#### 【 0 0 2 0 】

図 2 は、ブラシレスモータ 2 4、モータ駆動回路 1 3 及びモータ電流検出回路 1 7 の構成を示すブロック図である。ブラシレスモータ 2 4 は、コイル A、B、C の各一方の端子がスター結線されたステータ 2 4 a と、コイル A、B、C が発生させる回転磁界により回転するロータ 2 4 b と、このロータ 2 4 b の回転位置を検出するロータ位置検出器 1 4（レゾルバ）とを備えている。

#### 【 0 0 2 1 】

モータ駆動回路 1 3 はスイッチング回路 8 を備え、スイッチング回路 8 は、正極側端子と接地端子との間に直列接続されたトランジスタ Q 1、Q 2 と、逆方向に直列接続されたダイオード D 1、D 2 とが並列接続され、直列接続されたトランジスタ Q 3、Q 4 と、逆方向に直列接続されたダイオード D 3、D 4 とが並列接続され、直列接続されたトランジスタ Q 5、Q 6 と、逆方向に直列接続されたダイオード D 5、D 6 とが並列接続されている。

#### 【 0 0 2 2 】

トランジスタQ 1, Q 2の共通接続節点と、ダイオードD 1, D 2の共通接続節点とには、スター結線されたコイルAの他方の端子Uが接続され、トランジスタQ 3, Q 4の共通接続節点と、ダイオードD 3, D 4の共通接続節点とには、スター結線されたコイルBの他方の端子Vが接続され、トランジスタQ 5, Q 6の共通接続節点と、ダイオードD 5, D 6の共通接続節点とには、スター結線されたコイルCの他方の端子Wが接続されている。

## 【 0 0 2 3 】

ロータ位置検出器1 4が検出した、ロータ2 4 bの回転位置は、ゲート制御回路8 aに通知される。ゲート制御回路8 aには、マイクロコンピュータ1 2からPWM指令値（モータ電流指令値）及び回転方向が与えられる。ゲート制御回路8 aは、回転方向の指示とロータ2 4 bの回転位置とに応じて、トランジスタQ 1～Q 6の各ゲートをオン／オフし、例えば、U－V, U－W, V－W, V－U, W－U, W－Vのように、ロータ2 4 bに流れる電流の経路を切り換え、回転磁界を発生させる。

## 【 0 0 2 4 】

ロータ2 4 bは、永久磁石を備えており、前記回転磁界から回転力を受け回転する。ゲート制御回路8 aは、また、PWM指令値に従って、トランジスタQ 1～Q 6のオン／オフをPWM（Pulse Width Modulation）制御することにより、ブラシレスモータ2 4の回転トルクを増減制御する。

ダイオードD 1～D 6は、トランジスタQ 1～Q 6のオン／オフにより発生するノイズを吸収する為のものである。

モータ電流検出回路1 7は、ブラシレスモータ2 4の各端子U, V, Wに流れる電流を検出して加算し、モータ電流信号としてマイクロコンピュータ1 2に与える。

## 【 0 0 2 5 】

図3は、IPM（Internal Permanent Magnet）モータであるブラシレスモータ2 4のロータ2 4 bの構成を示す横断面図である。このロータ2 4 bは、中央部にシャフト4が嵌挿され、多数の電磁薄鋼板が積層されてロータコア3 aが形成されている。ロータコア3 aには、板状の永久磁石1 a, 2 aを埋め込む為に

、その形状に合わせた直方体形状の空所 6 が 4 個、シャフト 4 を囲むように設けられ、各空所 6 には、極性が異なる永久磁石 1 a, 2 a が隣り合うように埋め込まれている。4 個の板状の永久磁石の軸長方向のそれぞれの長さは、ロータコア 3 a の積層方向の長さに略等しい。

尚、永久磁石の形状は、平板に限らず、円弧形状でも良い。また、極数も 4 個に限らず、6 個、8 個、12 個等の偶数であれば良い。

#### 【0026】

このようなロータ 2 4 b を備える I P M モータであるブラシレスモータ 2 4 のモータトルクの出力特性は、図 4 に示すように、高速回転領域でも出力（＝トルク×回転数）が低下しない弱め界磁制御が可能であるので、本発明に係る電動パワーステアリング装置では、高速転舵時に操舵補助力を得ることが出来る。弱め界磁制御は、モータ電流の位相制御によって行う。モータ電流の位相制御は、P W M 制御されるパルス信号の位相制御によって行う。モータ電流指令値（P W M 指令値）に応じて P W M 制御され、位相指令値に応じて位相制御されるパルス信号をモータ駆動回路 1 3 に与えて、モータ電流値及び位相を制御することができる。

#### 【0027】

パルス信号の一例を図 5（a）に示す。また、図 5（a）に示すパルス信号に対応する交流信号の一例を図 5（b）に示す。図 5（b）に示すように、パルス信号の変化に応じて、交流信号の実効値が変化する。よって、モータ電流に応じて交流信号の実効値は変化する。以下、交流信号の実効値が最大（ $V_o$ ）のときを実効値が 100%、実効値が最大値  $V_o$  の半分のときを実効値が 50% と表現する。

#### 【0028】

弱め界磁制御により、モータの回転速度範囲が拡大し、高速回転領域においても操舵補助力を得ることが出来る。例えば、図 6（a）に示すように、弱め界磁制御を行わない場合、前記パルス信号に対応する交流信号の実効値が 100% でトルクが最大値から低下し始める回転速度  $\omega_o$  を超えた後、回転速度の上昇率は低下し、最高回転速度に達するが、図 6（b）に示すように、弱め界磁制御を行

った場合、回転速度 $\omega_0$ を超えた後も、回転速度をさらに上昇させることができる。

## 【 0 0 2 9 】

マイクロコンピュータ 1 2 は、前記交流信号の実効値が 1 0 0 % 未満の場合は、PWM による駆動制御を行い、実効値が 1 0 0 % の場合は、モータ電流の位相を進めて、弱め界磁による駆動制御を行う。マイクロコンピュータ 1 2 は、実効値を検出する手段、検出した実行値が 1 0 0 % であるか否か判定する手段、および弱め界磁制御の実行又は停止を切替える手段として動作する。

## 【 0 0 3 0 】

本実施の形態では、実効値が 1 0 0 % で、かつ、操舵速度がモータの応答速度を超えている場合に、モータ電流の位相を進める。マイクロコンピュータ 1 2 は、実効値が 1 0 0 % で、かつ、操舵トルクが予め設定された閾値を超えていない場合は、最大トルクが出力されるようにモータ電流の位相の進みを遅らせるように動作する。また、マイクロコンピュータ 1 2 は、モータ電流が制限値に達している場合は、弱め界磁制御の実行を中止するように動作する。

## 【 0 0 3 1 】

図 7 は、本発明に係る電動パワーステアリング装置の実施の形態の要部構成を示す縦断面図である。この電動パワーステアリング装置は、上端部にステアリングホイール 3 1 ( 舵輪 ) が取付けられる上部軸 3 2 を備え、上部軸 3 2 の下端部には、第 1 ダウエルピン 3 3 を介して筒状の入力軸 3 4 及びこれの内側に挿入される連結軸 3 5 ( トーションバー ) の上端部が連結されている。連結軸 3 5 の下端部には、第 2 ダウエルピン 3 6 を介して筒状の出力軸 3 7 が連結されており、上部軸 3 2 、入力軸 3 4 及び出力軸 3 7 が軸受 3 8 , 3 9 , 4 0 を介してハウジング 4 1 内にそれぞれ回転可能に支持されている。

## 【 0 0 3 2 】

このハウジング 4 1 内には、前記連結軸 3 5 を介して連結される入力軸 3 4 及び出力軸 3 7 の相対変位量により操舵トルクを検出するトルクセンサ 1 0 と、トルクセンサ 1 0 の検出結果に基づいて駆動される操舵補助用のブラシレスモータ 2 4 の回転を減速して、前記出力軸 3 7 に伝達する減速機構 4 3 とを備え、ステ

アリングホイール 3 1 の回転に応じた舵取機構の動作を前記ブラシレスモータ 2 4 の回転により補助し、舵取の為の運転者の労力負担を軽減するように構成されている。出力軸 3 7 の下端部は、ユニバーサルジョイントを介してラックピニオン式の舵取機構に連結されている。

#### 【 0 0 3 3 】

トルクセンサ 1 0 は、前記入力軸 3 4 の周面 1 0 a に沿わせて、軸長方向に傾斜を有する磁性材からなる複数の突起物 1 0 c (突起) を設けてあり、入力軸 3 4 が回転したときに、入力軸 3 4 の軸方向に移動する磁性材からなる突起物 1 0 c の位置を検出する為に、MRセンサ 4 6 a (磁気抵抗効果素子、第 1 磁気センサ) が入力軸 3 4 と適当な隙間を空けて平行に設けられ、MRセンサ 4 6 a と入力軸 3 4 の周方向に 1 8 0° 相違すべき位置に、MRセンサ 4 6 b (第 2 磁気センサ) が入力軸 3 4 と適当な隙間を空けて平行に設けられ、それぞれ車体の動かない部位に固定されている。

#### 【 0 0 3 4 】

出力軸 3 7 は、入力軸 3 4 と同様に、出力軸 3 7 の周面 1 0 b に沿わせて、軸長方向に傾斜を有する磁性材からなる複数の突起物 1 0 d (突起) を設けてある。また、出力軸 3 7 が回転したときに、出力軸 3 7 の軸方向に移動する磁性材からなる突起物 1 0 d の位置を検出する為に、MRセンサ 4 7 a (磁気抵抗効果素子、第 1 磁気センサ) が出力軸 3 7 と適当な隙間を空けて平行に設けられ、MRセンサ 4 7 a と出力軸 3 7 の周方向に 1 8 0° 相違すべき位置に、MRセンサ 4 7 b (第 2 磁気センサ) が出力軸 3 7 と適当な隙間を空けて平行に設けられ、それぞれ車体の動かない部位に固定されている。

#### 【 0 0 3 5 】

以下に、このような構成の電動パワーステアリング装置の動作を、それを示す図 8 のフローチャートを参照しながら説明する。

マイクロコンピュータ 1 2 は、操舵補助動作において、先ず、トルクセンサ 1 0 が検出したトルク検出信号をインタフェイス回路 1 1 を介して読み込み (S 2)、次に、車速センサ 2 0 が検出した車速信号をインタフェイス回路 2 1 を介して読み込む (S 4)。

## 【0036】

マイクロコンピュータ12は、モータ駆動回路13に与えているPWM指令値のパルス信号に対応する交流信号の実効値が100%であるか判定する(S6)。実効値が100%より小さい場合(S6:NO)、マイクロコンピュータ12は、読込んだ(S4)車速信号及び読込んだ(S2)トルク検出信号から、トルク/電流テーブル18aを参照して、目標モータ電流を決定する(S10)。

## 【0037】

次いで、マイクロコンピュータ12は、モータ電流検出回路17からモータ電流信号を読込み(S12)、決定した(S10)目標モータ電流と読込んだ(S12)モータ電流信号との差を演算し(S14)、演算した差に基づき、ブラシレスモータ24に目標モータ電流を流すべく、モータ電流指令値を決定する(S16)。

## 【0038】

実効値が100%であった場合(S6:YES)、マイクロコンピュータ12は、弱め界磁制御(S8)を行う。弱め界磁制御の処理手順を図9に示す。マイクロコンピュータ12は、検出されたトルク値と閾値とを比較する(S30)。閾値は、操舵速度がモータの応答速度を超えたと判断できる操舵トルク値であり、マイクロコンピュータ12のメモリ18に予め記憶されている。トルク値が閾値よりも小さい場合(S30:NO)、マイクロコンピュータ12は、モータ電流の位相 $\beta$ と、トルクが最大となる位相 $\beta_0$ とを比較し(S36)、位相 $\beta$ が位相 $\beta_0$ より進んでいる場合(S36:YES)、トルク値と閾値との差を求め(S38)、差が減少するように、進み位相指令値を変更し(S40)、リターンする。位相 $\beta$ が位相 $\beta_0$ と等しい場合(S36:NO)、上述した目標モータ電流決定(S10)、モータ電流信号読込み(S12)、差演算(S14)、モータ電流指令値決定(S16)を行う。

## 【0039】

トルク値が閾値以上の場合(S30:YES)、マイクロコンピュータ12は、モータ電流信号を読込み(S32)、モータ電流値が制限値以下であるか判定する(S34)。モータ電流が制限値より小さい場合(S34:YES)、マイ

クロコンピュータ 12 は、トルク値と閾値との差を求め (S 3 8)、差が減少するように、進み位相指令値を変更し (S 4 0)、リターンする。モータ電流が制限値に達していた場合は (S 3 4 : NO)、リターンする。

#### 【0040】

マイクロコンピュータ 12 は、決定 (S 1 6) したモータ電流指令値又は変更 (S 4 0) した進み位相指令値に応じた PWM 指令値、位相指令値及び回転方向を決定し (S 1 8)、決定した PWM 指令値、位相指令値及び回転方向の指示信号 (パルス信号、回転方向指示信号) をモータ駆動回路 13 へ与え (S 2 0)、リターンして他の処理へ移る。

モータ駆動回路 13 は、与えられた PWM 指令値、位相指令値及び回転方向の指示信号 (パルス信号、回転方向指示信号) に基づき、ブラシレスモータ 24 を回転駆動させる。

#### 【0041】

上述した実施の形態では、パルス信号に対応する交流信号の実効値に基づいて回転速度が高速回転領域に含まれるか否かを判定したが、図 6 (b) に示す回転速度  $\omega_0$  に基づいて高速回転領域に含まれるか否かを判定することもできる。操舵角センサを入力軸に設けて、検出した操舵角速度に基づいて高速回転領域に含まれるか否かを判定することも出来る。

#### 【0042】

また、モータのトルクと回転数とに応じた位相を予めテーブルに記憶しておき、モータのトルクの検出値と回転数の検出値とに応じた位相をテーブルから読み出し、読み出した位相に基づいて位相制御 (弱め界磁制御) を行うことも出来る。本実施の形態では、位相制御を行う基準となる実効値を 100% に設定したが、90% 以上 100% 未満の実効値に設定することもできる。

#### 【0043】

#### 【発明の効果】

第 1, 2 発明に係る電動パワーステアリング装置によれば、弱め界磁制御でモータを駆動することにより回転速度範囲を拡大し、高速転舵時に操舵補助力を得ることが出来る。また、保護材 (キャン) を用いなくとも、永久磁石が飛散する



虞がなく、高い信頼性を得ることが出来る。また、ロータの磁氣的な突極性により発生するリラクタンストルクの利用が可能となり、永久磁石の使用量を削減出来るので、部品コストの低減を図ることが出来る。

【 0 0 4 4 】

第 3， 4 発明に係る電動パワーステアリング装置によれば、P W M制御されるパルス信号に対応する交流信号の実効値が 9 0 % ~ 1 0 0 % の範囲内であり、モータの回転速度が最高速度に近づいた高速回転領域において、弱め界磁制御を行うことにより、モータの回転速度範囲を拡大し、前記最高速度よりも高速な回転速度領域であっても操舵補助力を得ることが出来る。

【 0 0 4 5 】

第 5 発明に係る電動パワーステアリング装置によれば、P W M制御されるパルス信号に対応した交流信号の実効値が 9 0 % ~ 1 0 0 % の範囲内の場合は、操舵トルクと予め設定された閾値との差を求めて、求めた差が無くなるように弱め界磁制御を行う。弱め界磁制御によってモータの回転速度範囲を拡大し、操舵トルクと予め設定された閾値との差を減少させることにより、操舵速度とモータ応答速度との差を減少させて、操舵応答性を向上させることが出来る。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明に係る電動パワーステアリング装置の実施の形態の要部構成を示すブロック図である。

【図 2】

ブラシレスモータ、モータ駆動回路及びモータ電流検出回路の構成を示すブロック図である。

【図 3】

I P Mモータであるブラシレスモータのロータの構成を示す横断面図である。

【図 4】

I P Mモータであるブラシレスモータの出力特性を示す特性図である。

【図 5】

( a ) はパルス信号の一例を示す図であり、( b ) はパルス信号に対応する交

流信号の一例を示す図である。

【図 6】

I P Mモータであるブラシレスモータのトルク特性を示す特性図であり、（a）は弱め界磁制御を行わない場合、（b）は弱め界磁制御を行った場合のトルク特性である。

【図 7】

本発明に係る電動パワーステアリング装置の実施の形態の要部構成を示す縦断面図である。

【図 8】

本発明に係る電動パワーステアリング装置の動作を示すフローチャートである。

【図 9】

本発明に係る電動パワーステアリング装置の動作を示すフローチャートである。

【図 1 0】

S P Mモータであるブラシレスモータのロータの構成を示す横断面図である。

【図 1 1】

S P Mモータの出力特性を示す特性図である。

【符号の説明】

1 a, 2 a 永久磁石

3 a ロータコア

4 シャフト

6 空所

8 スイッチング回路

8 a ゲート制御回路

1 0 トルクセンサ

1 2 マイクロコンピュータ

1 3 モータ駆動回路

1 7 モータ電流検出回路

1 8 a トルク／電流テーブル

2 4 ブラシレスモータ（モータ）

2 4 a ステータ

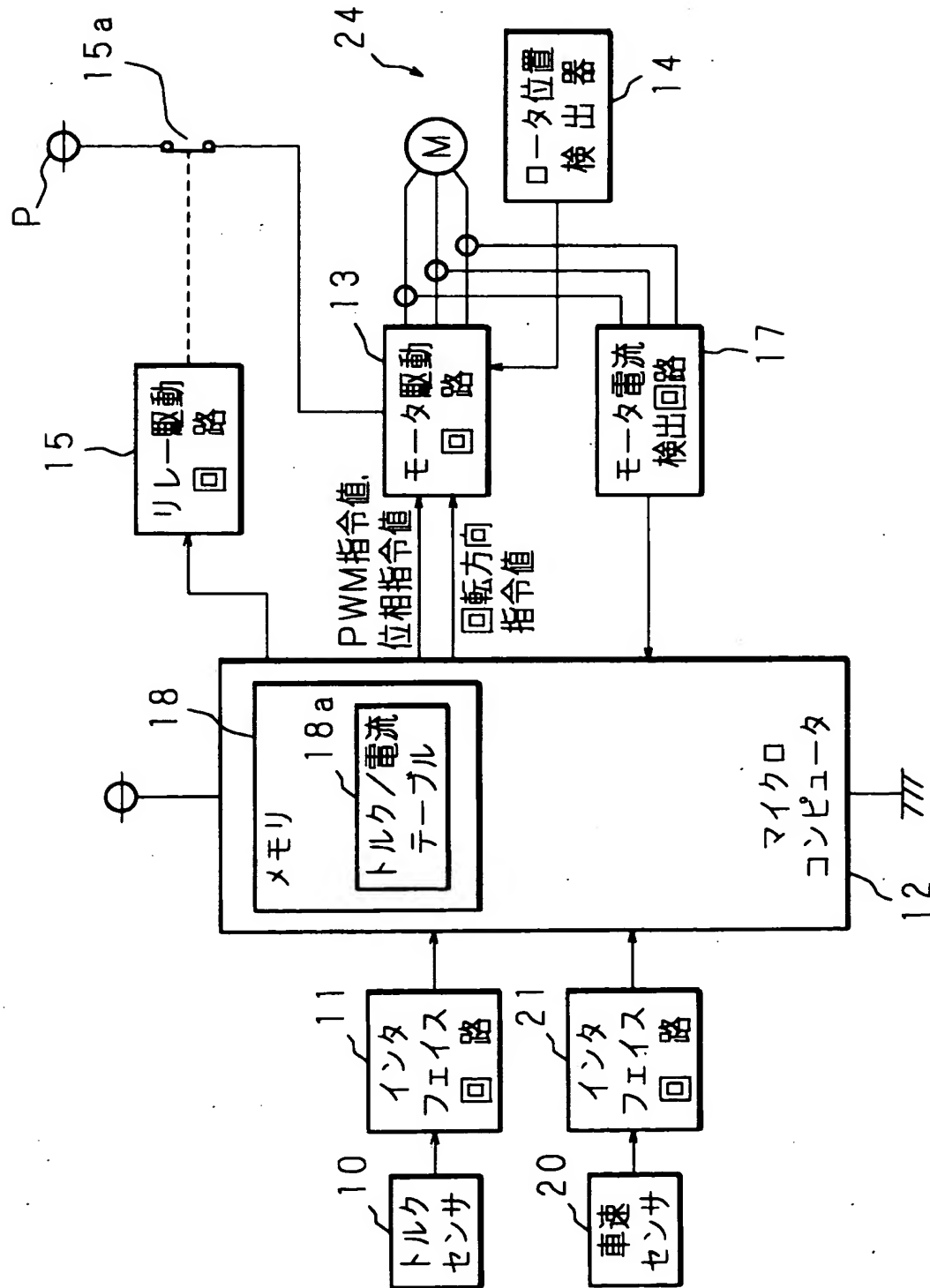
2 4 b ロータ

3 1 ステアリングホイール（舵輪）

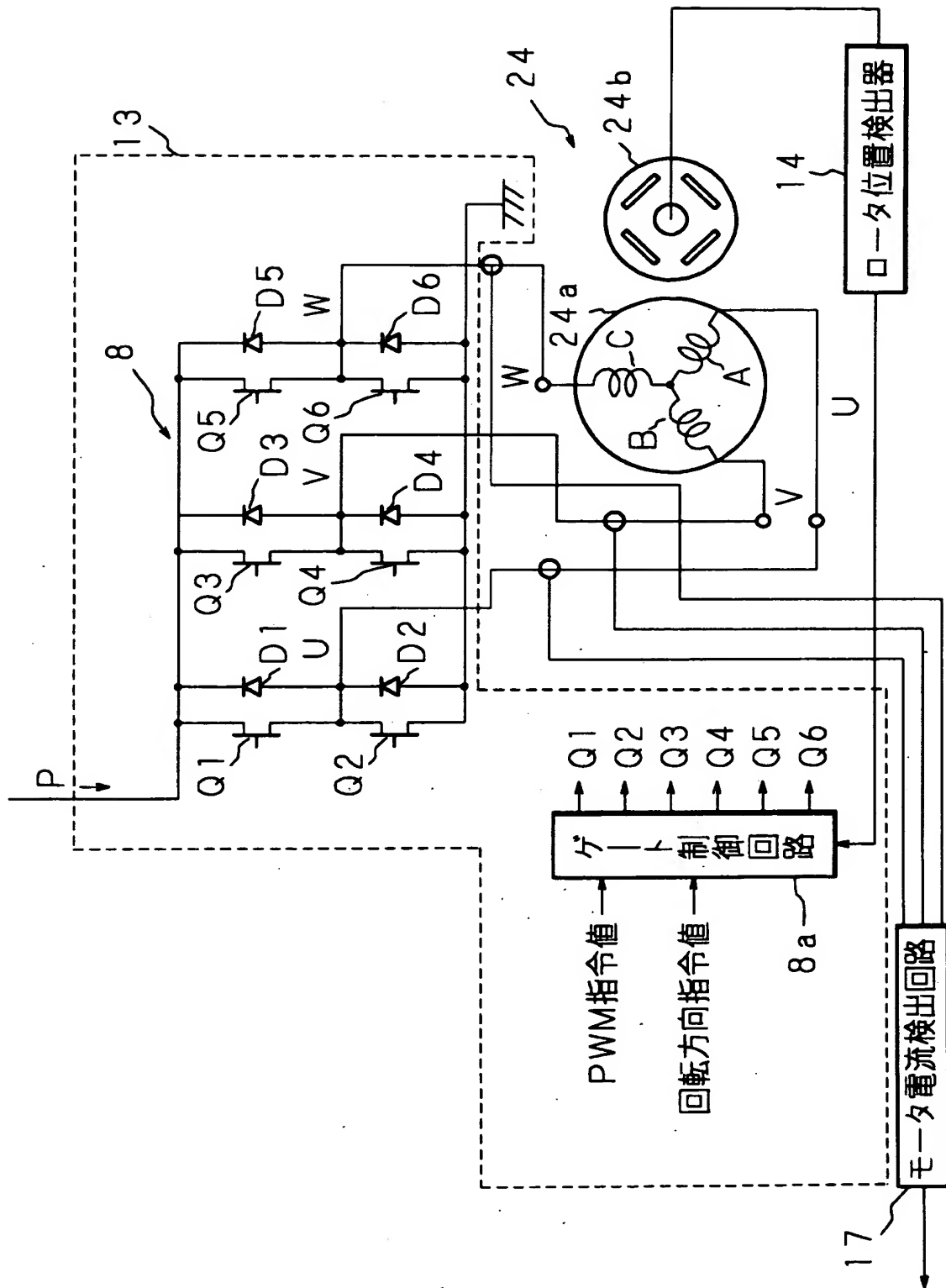
P 車載バッテリー

【書類名】 図面

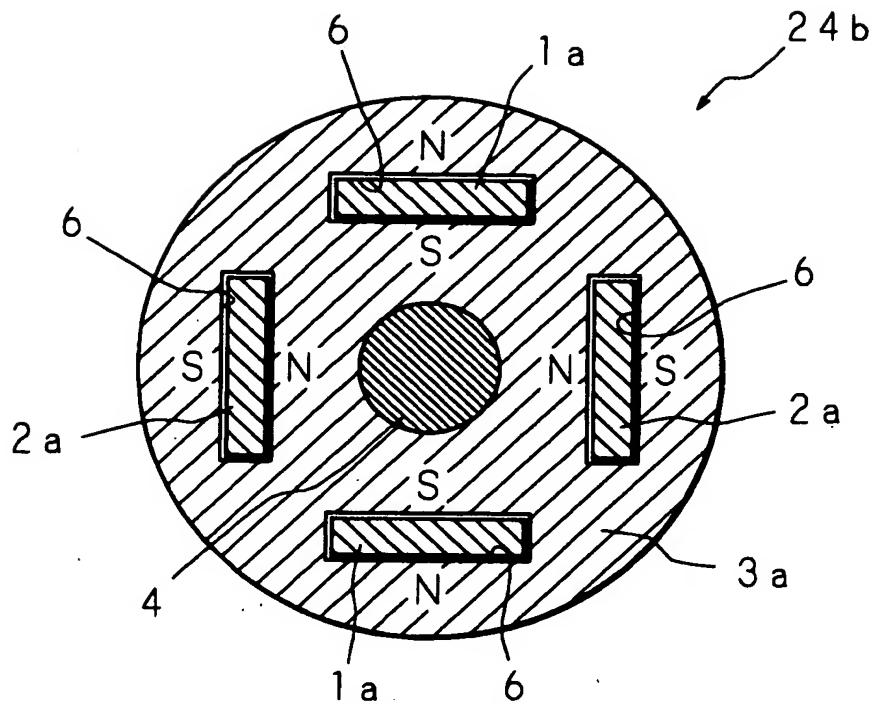
【図1】



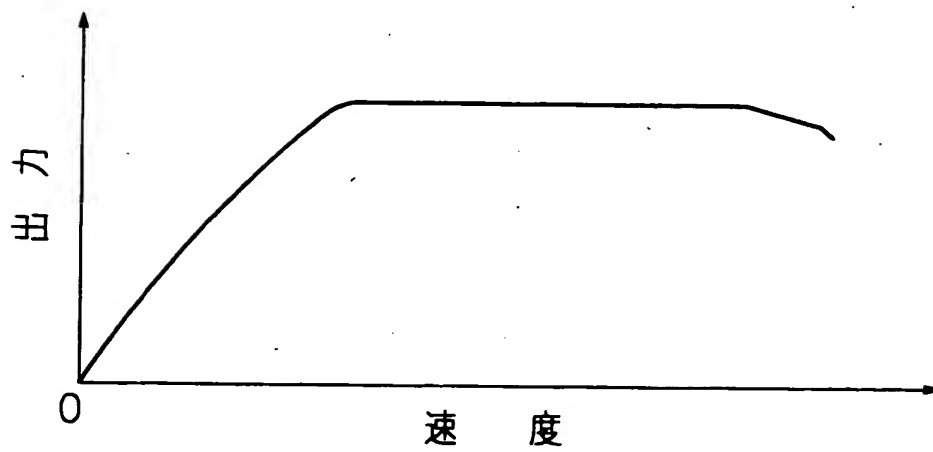
【図 2】



【図 3】

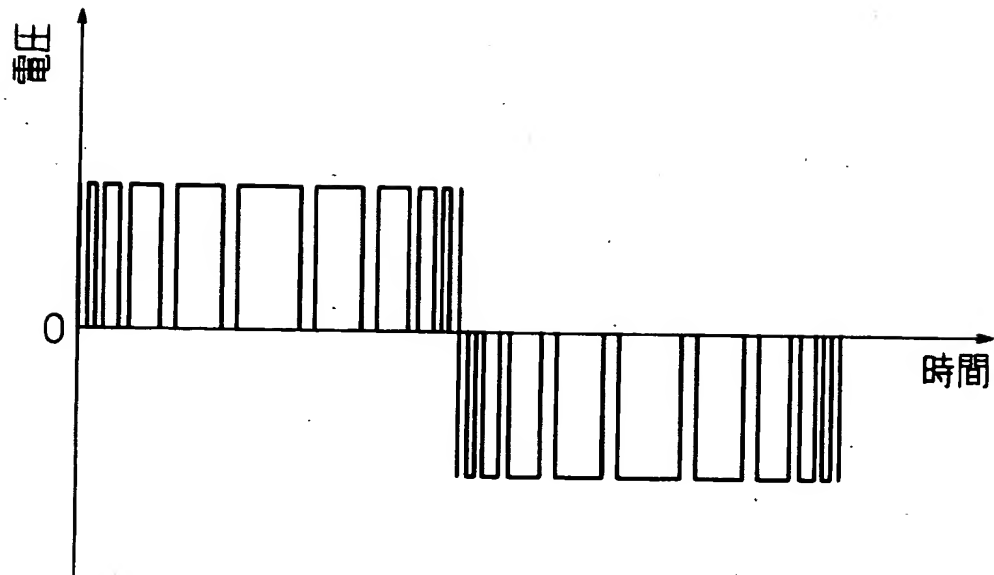


【図 4】

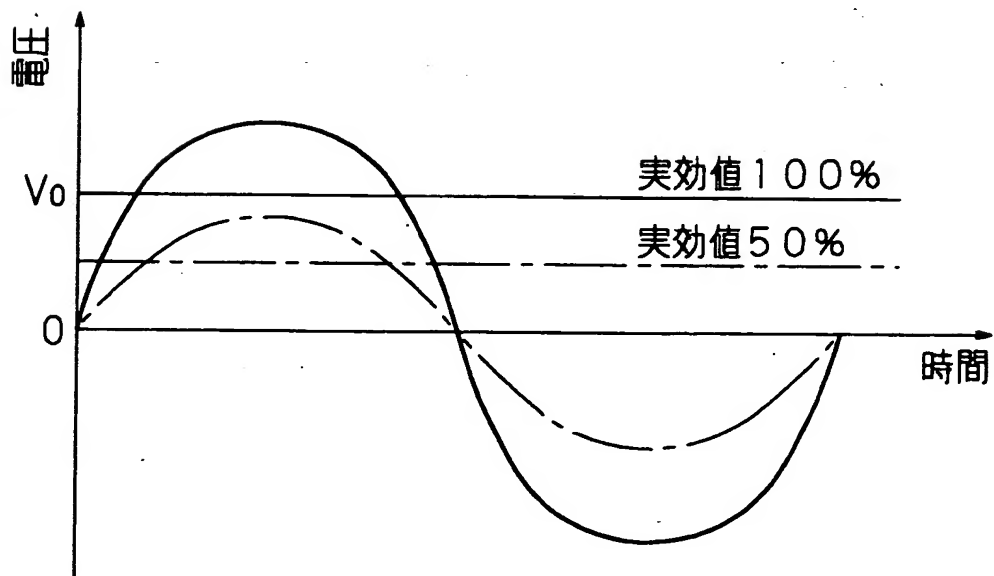


【図 5】

(a)

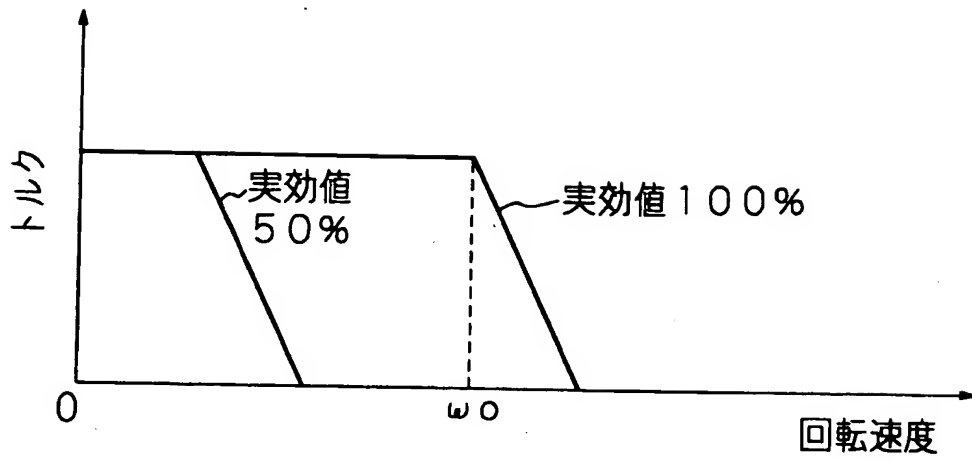


(b)

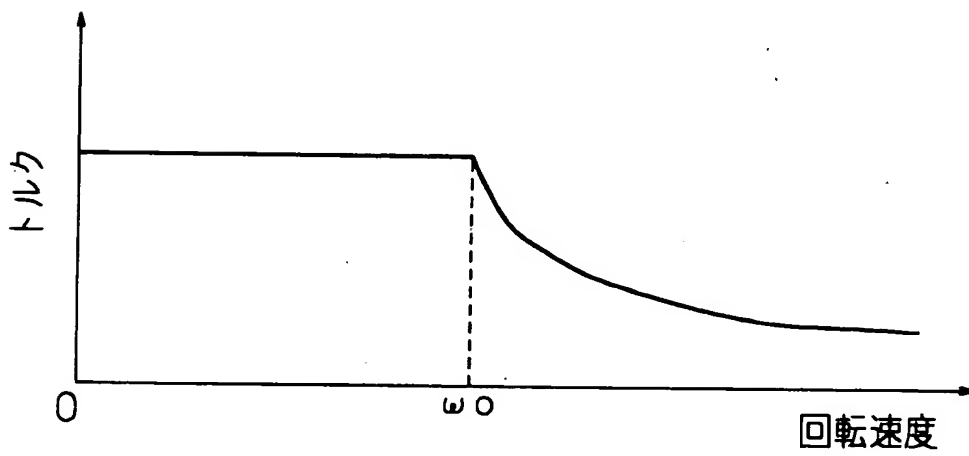


【図6】

(a)

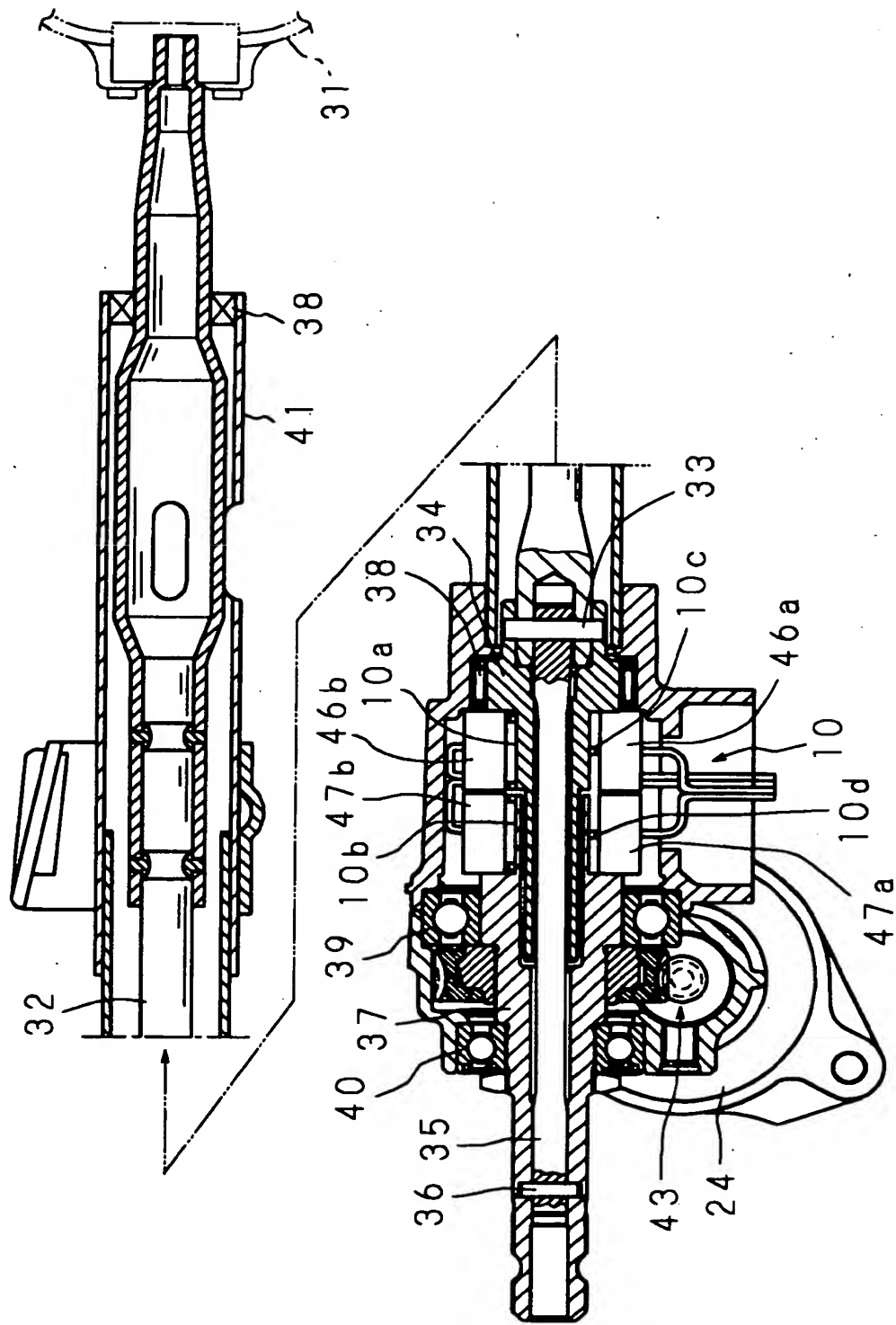


(b)

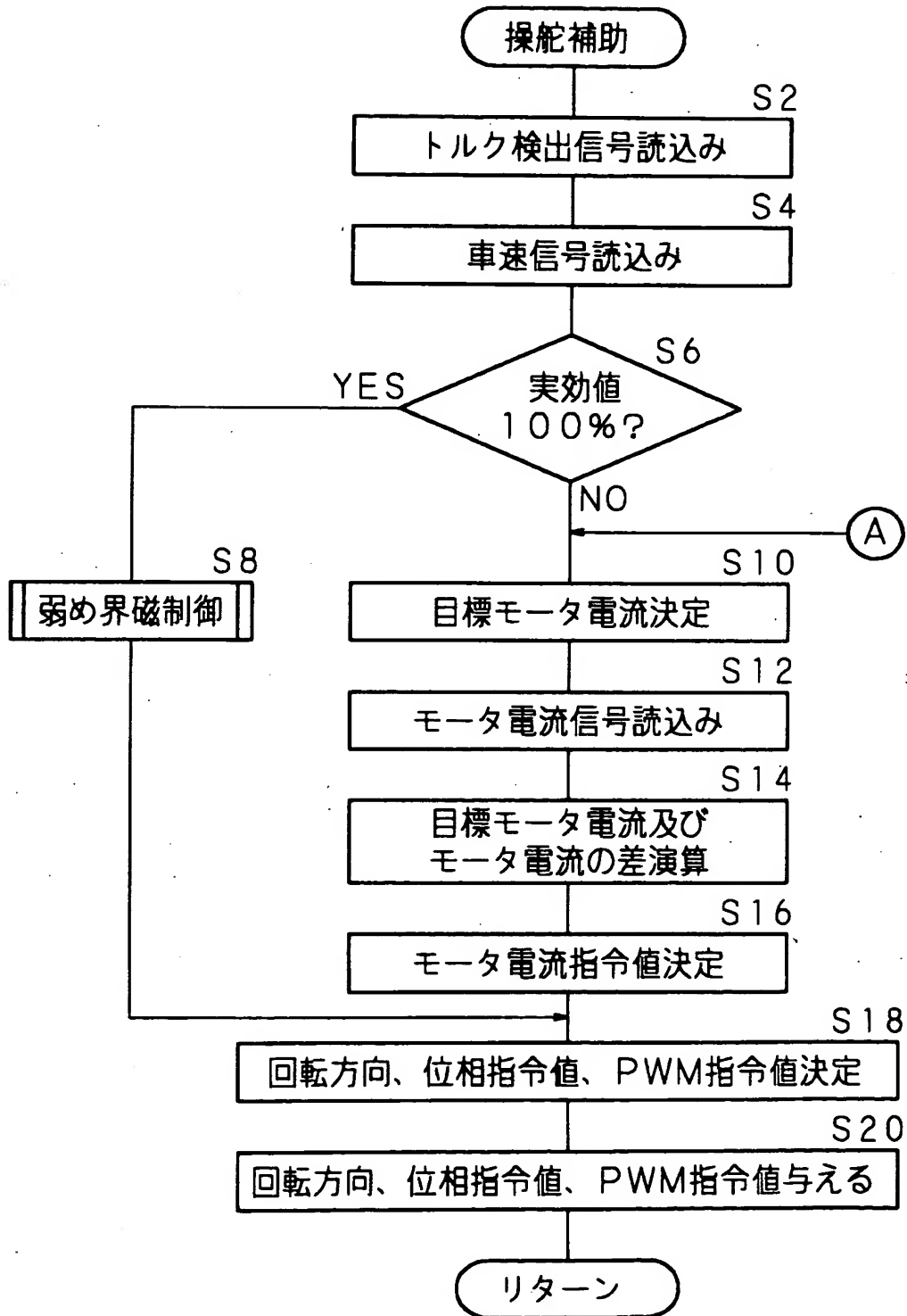




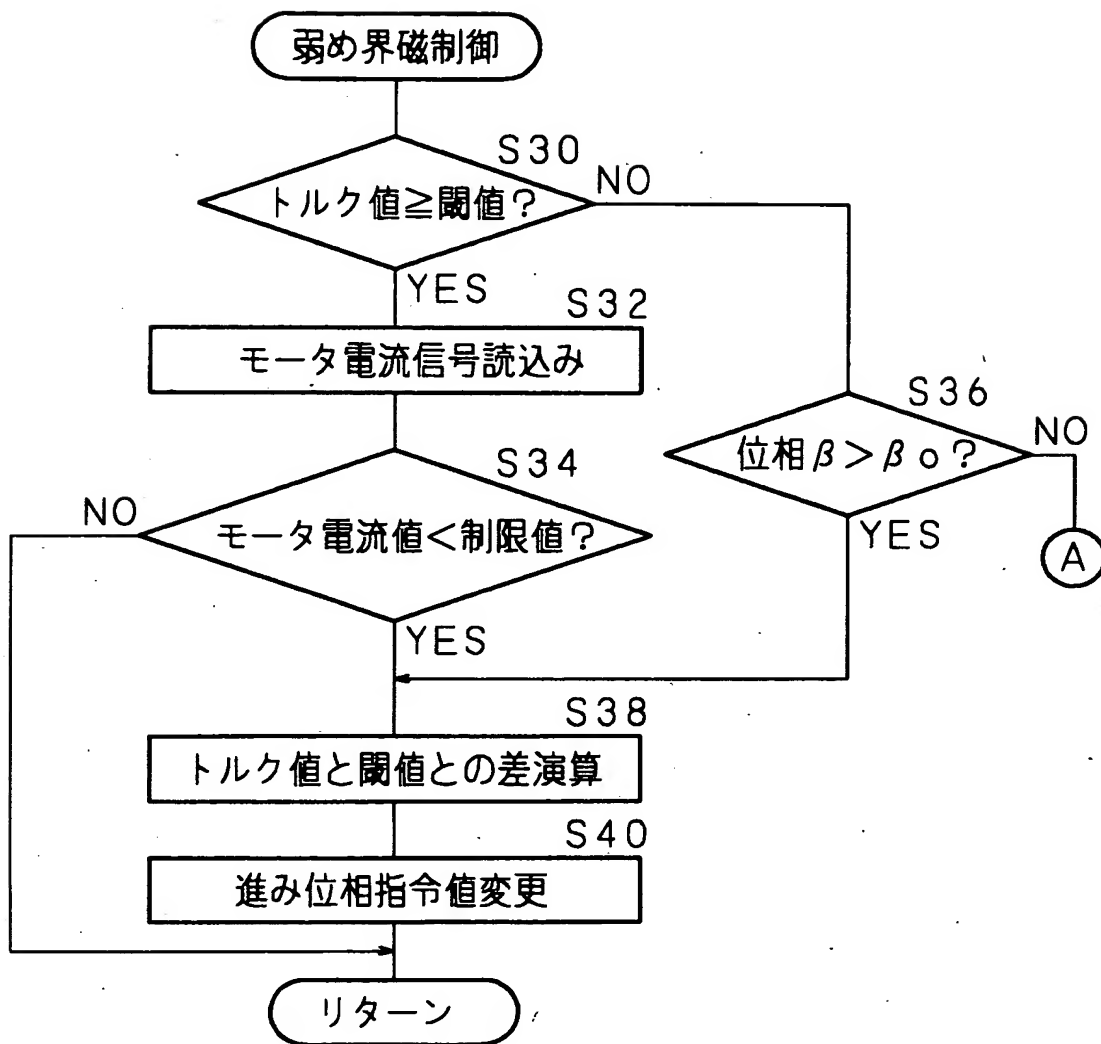
【図 7】



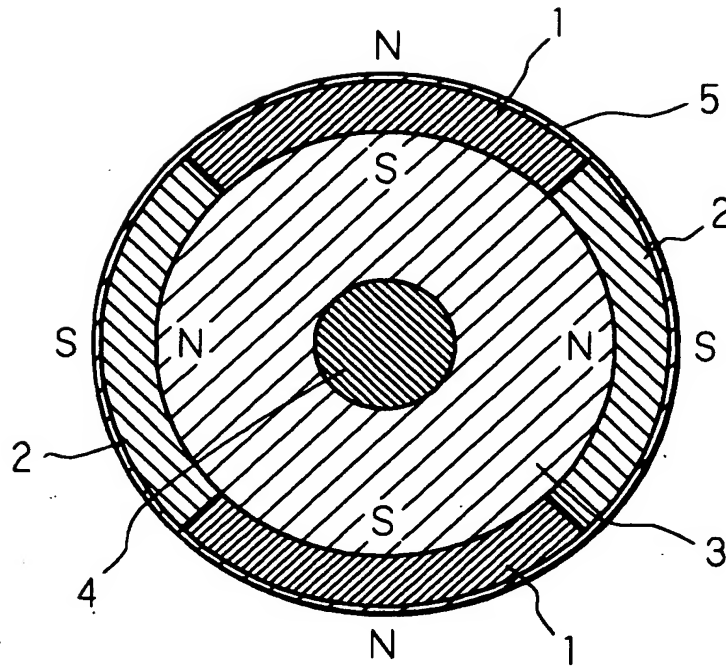
【図 8】



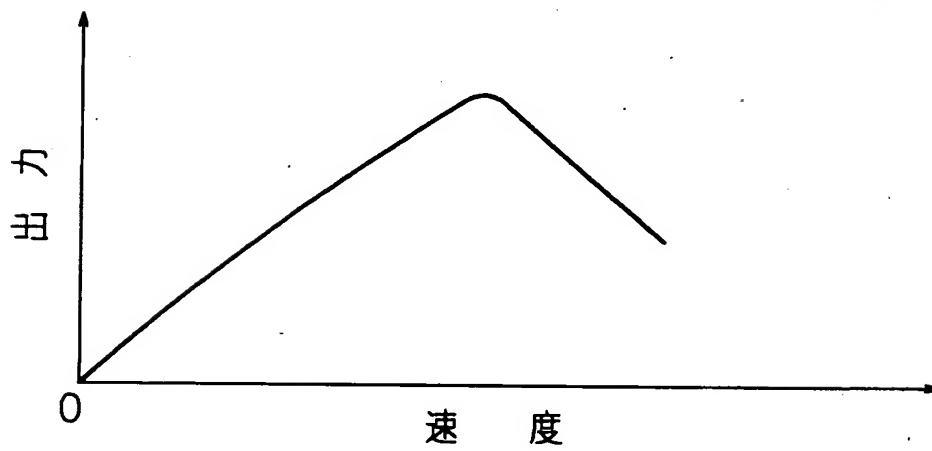
【図 9】



【図10】



【図11】



【書類名】            要約書

【要約】

【課題】    高速転舵時に操舵補助力を得ることが出来る電動パワーステアリング装置の提供。

【解決手段】    舵輪（図示せず）に加わる操舵トルクを検出するトルクセンサ 10 と、操舵補助用のモータ 24 とを備え、トルクセンサ 10 が検出した操舵トルクに基づき、高速回転領域で弱め界磁制御によってモータ 24 を駆動する電動パワーステアリング装置。モータ 24 は、ロータコアに設けられた複数の空所に、複数の永久磁石がそれぞれ埋め込まれた永久磁石埋込型ロータを備えるブラシレスモータである構成である。

【選択図】            図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001247]

1. 変更年月日 1990年 8月24日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号

氏 名 光洋精工株式会社